

# **Физические свойства**

# Внешний вид древесины

## Цвет

Цвет – определенное зрительное восприятие.

Колориметрия (от латинского "колор" – цвет) – наука о цветовых измерениях.

*Цветовой тон* определяется длиной волны  $\lambda$  чистого спектрального цвета.

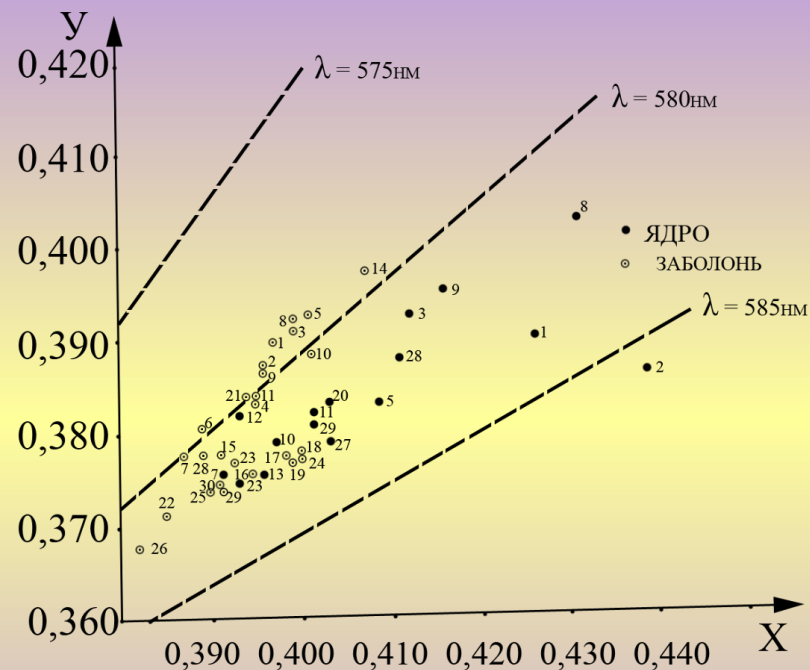
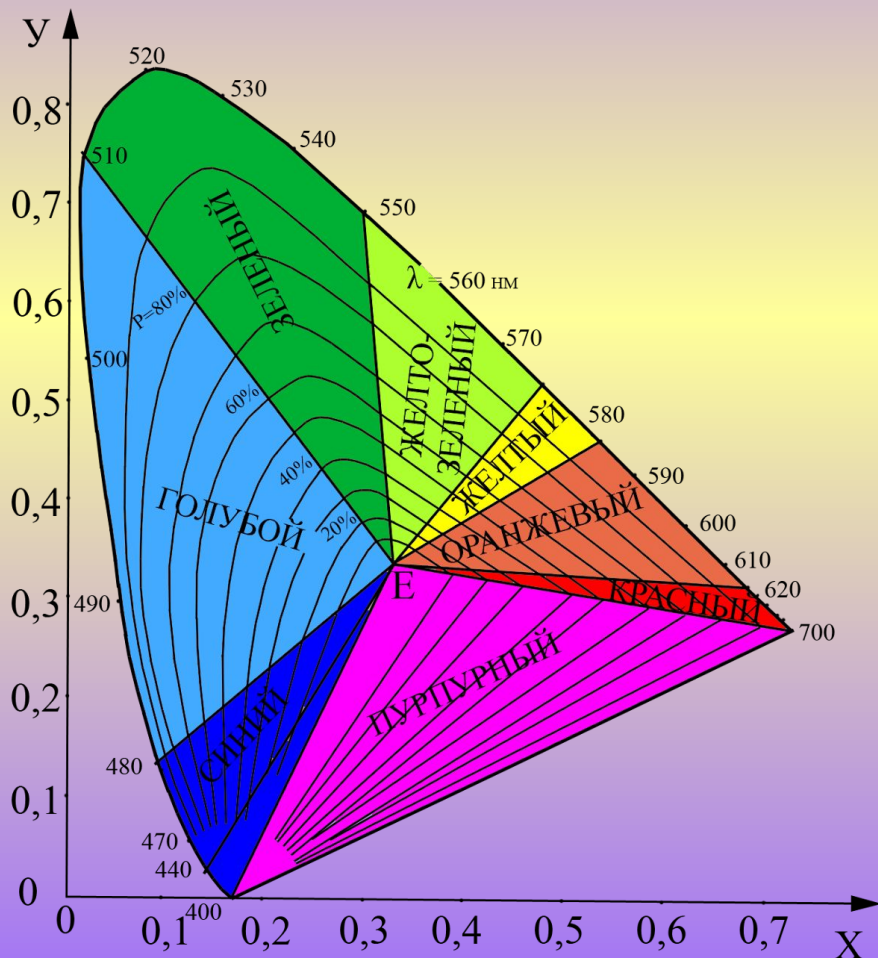
*Чистота цвета  $P$*  характеризует степень разбавления цвета белым и может изменяться от 100 % до нуля.

*Светлота* определяется коэффициентом отражения  $\rho$ .

Для белых поверхностей  $\rho$  близок к единице, для черных приближается к нулю.

Характеристики цвета древесины можно установить, используя фотоэлектрические колориметры или атлас цветов.

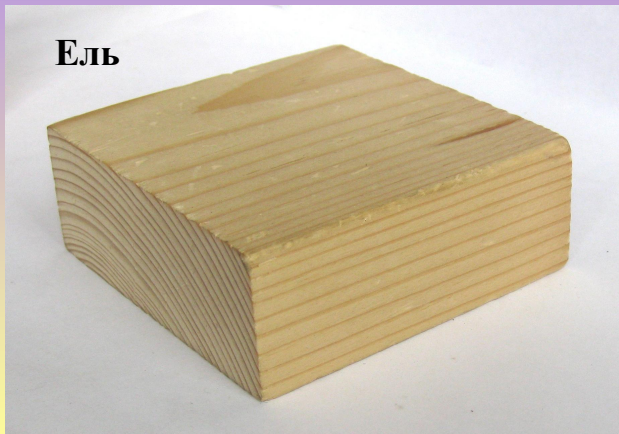
# ЦВЕТОВАЯ ДИАГРАММА (а) И ФРАГМЕНТ ЕЁ (б) С ДАННЫМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД



- |                 |                      |                  |
|-----------------|----------------------|------------------|
| 1. Лиственница  | 11. Ильм             | 21. Явор         |
| 2. Тис          | 12. Вяз              | 22. Лещина       |
| 3. Сосна        | 13. Бархатное дерево | 23. Грецкий орех |
| 4. Ель          | 14. Самшит           | 24. Ольха        |
| 5. Кедр         | 15. Граб             | 25. Липа         |
| 6. Пихта        | 16. Груша            | 26. Осина        |
| 7. Фисташка     | 17. Клён             | 27. Ива          |
| 8. Белая акация | 18. Береза           | 28. Черёмуха     |
| 9. Дуб          | 19. Бук              | 29. Рябина       |
| 10. Ясень       | 20. Платан           | 30. Хурма        |

# Цвет древесины зависит от породы и условий произрастания.

**Ель**



**Амарант — *Peltogyne venosa* — amaranth, purpleheart**

Поперечный разрез



фото: Г. Горбачевой

**Самшит**



**Сапели — *Entandrophragma cylindricum* — sapele**

Радиальный разрез



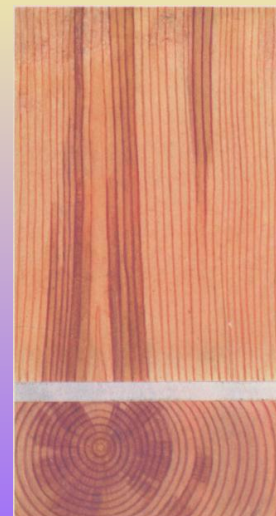
фото: Г. Горбачевой

Древесина изменяет цвет при поражении ее грибами.

**Заболонные грибные окраски (синевая, розовая и коричневая окраска, сосна)**



**Грибные ядровые пятна и полосы**



В речной воде древесины дуба сильно темнеет в результате соединения дубильных веществ с солями железа.

Дуб мореный



Дуб



Цвет древесины изменяется после сплава, при пропаривании и высокотемпературной сушке.

## *Блеск*

Блеск – способность направленно отражать световой поток.

Наибольший блеск наблюдается при освещении зеркальных поверхностей.



Степень блеска зависит от колориметрических характеристик древесины и ее белизны. Она определяется с помощью блескомера.

Блеск древесине придают сердцевинные лучи.



Блеск древесины зависит от состояния поверхности материала и характера освещенности.





# Текстура

Текстура – рисунок, образующийся на поверхности древесины в следствие перерезания анатомических элементов.

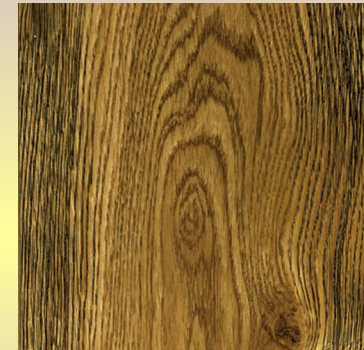
Лиственница



Бук



Дуб



ТОПОЛЬ (каповая древесина)



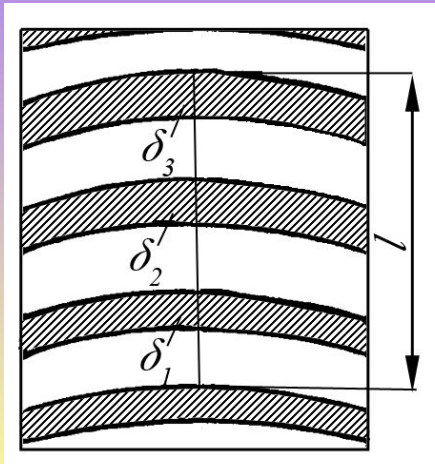
Карельская береза



Клён явор. Текстура «птичий глаз»



## Макроструктура



Ширина годовичных слоев ( $n$ ) – число годовичных слоев, приходящееся на 1 см отрезка, отмеренного по радиальному направлению на торцовой поверхности образца.

$$n = \frac{N}{l}$$

$N$  – число целых годовичных слоев на участке измерения;  
 $l$  – длина участка измерения, см.

Степень равностойности – оценивают по разнице в числе годовичных слоев на двух соседних участках длиной по 1 см.

Содержание поздней древесины определяется соотношением в процентах между суммарной шириной зон поздней древесины и общей протяженностью (в радиальном направлении) участка измерения, включающего целое число слоев.

$$m = \frac{100 \sum \delta}{l}$$

$\sum \delta$  – общая ширина поздних зон, мм;

$l$  – общее протяжение тех годовичных слоев, в которых измерялась ширина поздней зоны, мм.

Равноплотность древесины характеризуется равномерностью распределения механических тканей по ширине годовичного слоя.

# Влажность древесины; свойства, связанные с ее изменением

## *Вода в древесине*

$$\text{Влажность } W = \frac{\text{масса воды}}{\text{масса абсолютно сухой древесины}} \times 100\%$$

Методы определения влажности: прямые и косвенные.

К прямым относится весовой метод.

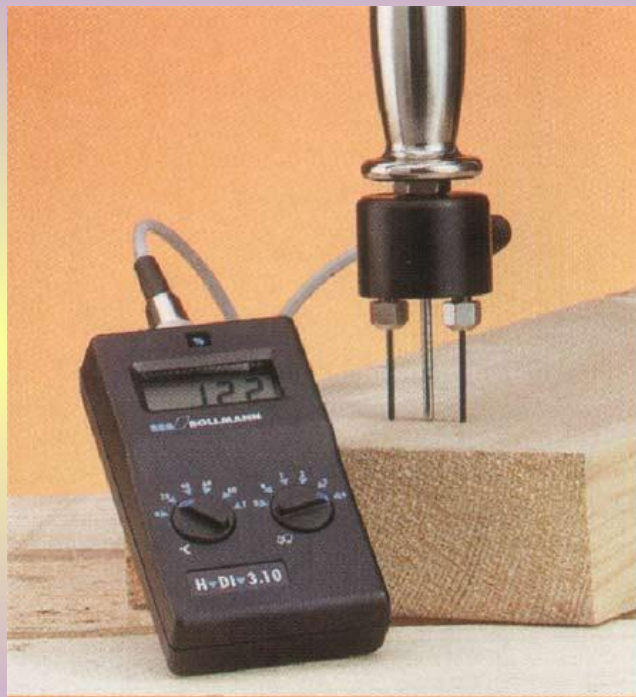


$$W = \frac{100(m - m_0)}{m_0}$$

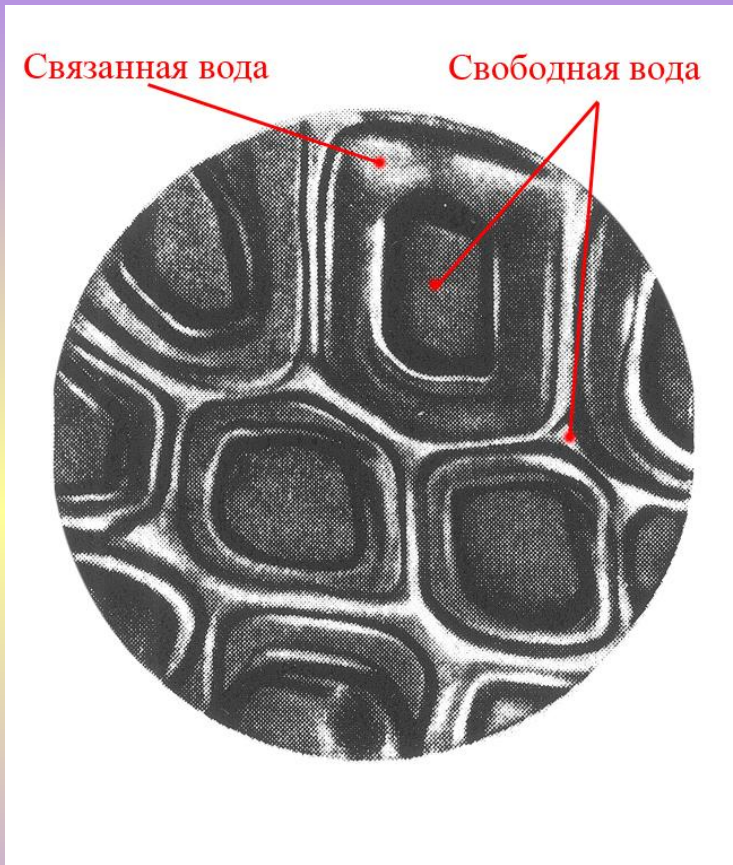
$m$  – масса образца влажной древесины, г;

$m_0$  – масса образца абс. сух. древесины, г.

К косвенным методам относится определение влажности с помощью влагомеров.



## Формы воды в древесине



Предел насыщения клеточных стенок  $W_{п.н.}$  – это максимальная влажность клеточных стенок, достигаемая при увлажнении древесины в воде.

$$W_{п.н.} = \left( \frac{1}{\rho_{\text{б}}} - \frac{1}{\rho_{\text{о}}} \right) \rho_{\text{в}} 100, \quad W_{п.н.} = 30\%$$

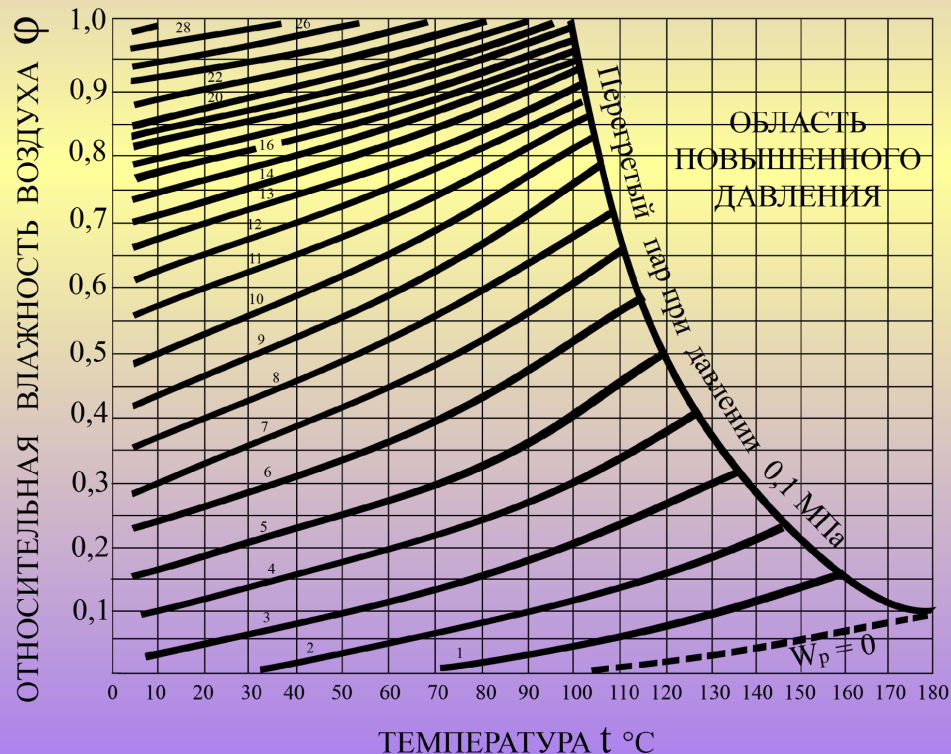
$\rho_{\text{б}}$  и  $\rho_{\text{о}}$  – соответственно базисная плотность древесины и плотность абс. сух. древесины, г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_{\text{в}}$  – плотность связанной воды, г/см<sup>3</sup>.

*Предел гигроскопичности* – это максимальная влажность клеточных стенок, достигаемая при сорбции паров воды из воздуха; характеризуется отсутствием воды в полостях клеток и равновесием влажности клеточных стенок с воздухом, приближающимся к насыщенному состоянию.

*Устойчивая влажность* – влажность древесины, достигаемая при длительной выдержке в воздухе определенного состояния.

*Равновесная влажность* – влажность измельченной древесины, практически одинаковая при сорбции и десорбции.

## ДИАГРАММА РАВНОВЕСНОЙ ВЛАЖНОСТИ



*Нормализованная влажность* – равновесная влажность древесины, соответствующая  $t = 20 \pm 2$  °С и  $\phi = 65 \pm 5$  % и в среднем равна 12 %.

### Степени влажностного состояния древесины

Состояние древесины	Условия достижения	Влажность, $W$ , %
Мокрая древесина	Длительное нахождение в воде	> 100
Свежая (свежесрубленная) древесина	Сохранение влажности растущего дерева	50–100
Древесина атмосферной сушки (воздушно-сухая)	Сушка или выдержка на открытом воздухе	15–20
Древесина камерной сушки (комнатно-сухая)	Сушка в камерах или выдержка в отапливаемом помещении	8–12
Абсолютно сухая древесина	Сушка при $t = 103 \pm 2$ °С	0



## Усушка древесины

Под усушкой понимают уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении из нее связанной воды.

Полная (максимальная усушка)  $\beta_{\max}$  происходит при удалении из древесины всего количества связанной воды. Ее величину, в процентах, вычисляют по формуле:

$$\beta_{\max} = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_{\max}} \times 100$$

$a_{\max}$  – размер образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок, мм;

$a_{\min}$  – размер образца в абсолютно сухом состоянии, мм.

Частичная усушка древесины  $\beta_w$  происходит при высыхании ее до какой-либо заданной влажности и ее величину, в процентах, определяют по формуле:

$$\beta_w = \frac{a_{\max} - a_w}{a_{\max}} \times 100$$

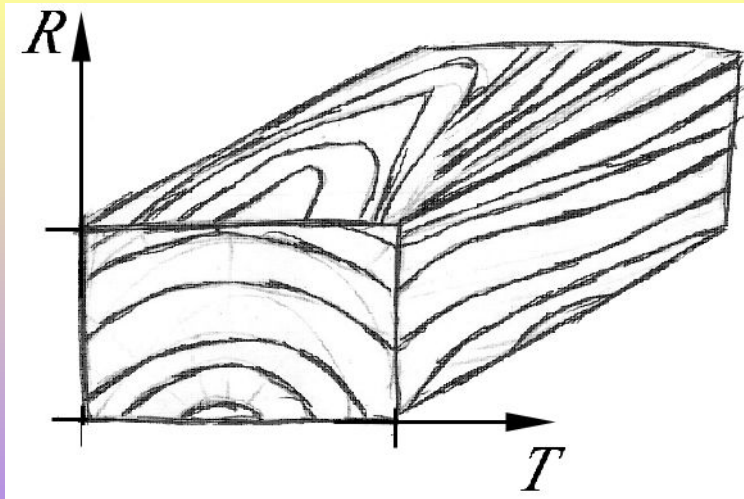
$a_w$  – размер образца при влажности  $W$ , мм.

Коэффициент усушки  $K_\beta$  в процентах на 1 % влажности древесины вычисляют по формулам:

$$K_\beta = \frac{\beta_{\max}}{W_{\text{пн}}}, \quad K_\beta = \frac{\beta_w}{W_{\text{пн}} - W}$$

$W_{\text{пн}}$  – предел насыщения клеточных стенок, равный 30 %.

$W$  – конечная влажность образца, %.



Полная усушка древесины наиболее распространенных отечественных лесных пород:

- в тангенциальном направлении составляет 8–10 %,
- в радиальном направлении 3–7 %,
- вдоль волокон 0,1–0,3 %.

Полная объемная усушка находится в пределах 11–17 %.

# Внутренние напряжения

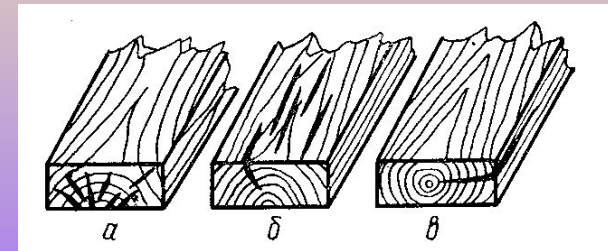
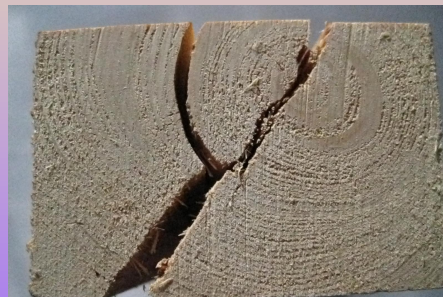
Причины внутренних напряжений – неравномерное распределение влаги по толщине материала в процессе сушки.

$$\overline{\sigma}_{полн} = \overline{\sigma}_{вл} + \overline{\sigma}_{ост}$$

$\overline{\sigma}_{вл}$  – влажностные напряжения вызваны неоднородной усушкой материала. Они исчезают при выравнивании влажности в доске.

$\overline{\sigma}_{ост}$  – остаточные напряжения обусловлены появлением в древесине неоднородных остаточных деформаций. Они остаются в высушенном материале.

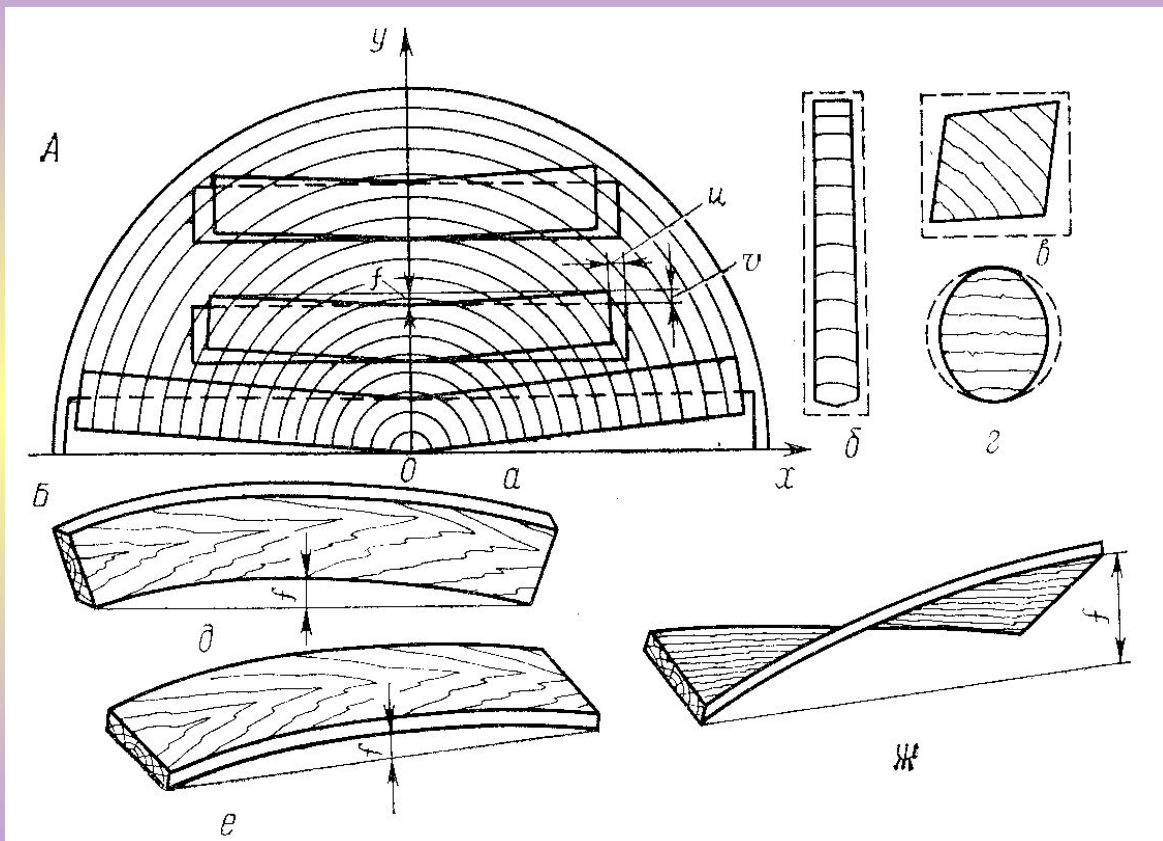
Если напряжение достигает предела прочности древесины на растяжение поперек волокон, появляются трещины.



*a* – торцовые; *б* – пластевые;  
*в* – кромочные

# Коробление древесины

Коробление древесины – изменение заданной формы пиломатериалов и заготовок при сушке, а также выпилровке и хранении.



*A* – поперечная: *а* – желобчатая; *б* – трапецевидная; *в* – ромбовидная; *г* – овальная;  
*Б* – продольная: *д* – по кромке; *е* – по пласти; *ж* – крыловатость

## Разбухание древесины

Под разбуханием понимают увеличение линейных размеров и объема древесины при повышении содержания связанной воды.

Полное (максимальное разбухание)  $\alpha_{\max}$  в процентах, вычисляют по формуле:

$$\alpha_{\max} = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_{\min}} \times 100$$

$a_{\max}$  – размер образца при влажности  $W \geq W_{\text{пн}}$ , мм;

$a_{\min}$  – размер образца в абсолютно сухом состоянии, мм.

Частичное разбухание древесины  $\alpha_w$ , в процентах, определяют по формуле:

$$\alpha_w = \frac{a_w - a_{\min}}{a_{\min}} \times 100$$

$a_w$  – размер образца при влажности  $W$ , мм.

Коэффициент разбухания  $K_\alpha$ , в процентах на 1 % влажности древесины, определяют по формулам:

$$K_\alpha = \frac{\alpha_{\max}}{W_{\text{пн}}}, \quad K_\alpha = \frac{\alpha_w}{\Delta W}$$

$W_{\text{пн}}$  – предел насыщения клеточных стенок, равный 30 %.

$\Delta W$  – диапазон изменения влажности при разбухании, %.

Полное разбухание древесины наиболее распространенных отечественных лесных пород:

- в тангенциальном направлении составляет 8–10 %,
- в радиальном направлении 3–7 %,
- вдоль волокон 0,1–0,3 %.

Полное объемное разбухание находится в пределах 11–17 %.



# Водопоглощение древесины

Водопоглощение – способность древесины увеличивать влажность при контакте с водой.

Максимальная влажность, которой достигает погруженная в воду древесина, определяется по формуле:

$$W_{\max} = W_{п.н.} + \frac{(\rho_{д.в.} - \rho_0) \rho_v}{\rho_{д.в.} \cdot \rho_0} 100,$$

$W_{п.н.}$  – влажность предела насыщения клеточных стенок, %;

$\rho_{д.в.}$  – плотность древесинного вещества, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – плотность древесины в абсолютно сухом состоянии, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_v$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup>.



Способность древесины поглощать воду, а также другие жидкости, имеет значение в процессах варки древесины для получения целлюлозы, при пропитке растворами антисептиков и антипиренов, при сплаве лесоматериалов и в других случаях.



## Плотность древесины

Плотность материала характеризуется отношением его массы к объему и имеет размерность в системе СИ ( $\text{кг/м}^3$ ).

Плотность древесинного вещества представляет собой массу единицы объема материала, образующего клеточные стенки.

Плотность древесинного вещества  $\rho_{\text{д.в.}}$ ,  $\text{г/см}^3$ , в абсолютно сухом состоянии можно вычислить по формуле:

$$\rho_{\text{д.в.}} = \frac{m_{\text{д.в.}}}{V_{\text{д.в.}}} \quad \rho_{\text{д.в.}} = 1,53 \text{ г/см}^3$$

$m_{\text{д.в.}}$  – масса древесинного вещества, г;

$V_{\text{д.в.}}$  – объем древесинного вещества,  $\text{см}^3$



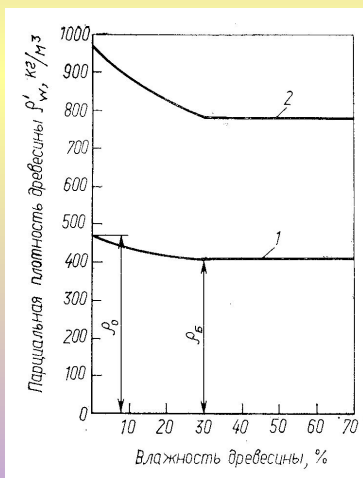
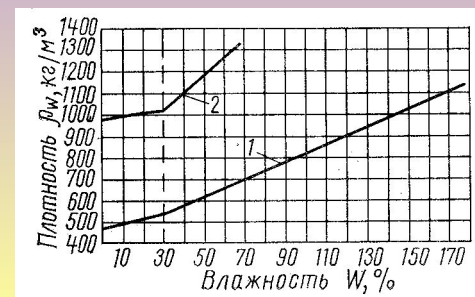
Плотность абсолютно сухой древесины:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

$m_0$  и  $V_0$  – соответственно масса и объем образца древесины при  $W = 0 \%$ .

Плотность влажной древесины  $\rho_w$  выражается отношением массы образца при данной влажности  $m_w$  к его объему при той же влажности  $V_w$ :

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$



Парциальная плотность древесины  $\rho'_w$  определяется отношением массы абсолютно сухого образца  $m_0$  к его объему при данной влажности  $V_w$ :

$$\rho'_w = \frac{m_0}{V_w}$$

Базисная плотность древесины  $\rho_0$  рассчитывается как отношение массы абсолютно сухого образца  $m_0$  к его объему при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок  $V_{\max}$ :

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_{\max}}$$

Плотность при нормализованной влажности выражается отношением массы образца при влажности  $W = 12 \%$  к его объему при той же влажности  $V_{12}$ :

$$\rho_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}}$$

По плотности древесины при 12 % влажности породы можно разделить на три группы:

а) породы с малой плотностью (плотность 540 и менее): из хвойных – сосна, ель (все виды), пихта (все виды), кедр (все виды), можжевельник обыкновенный; из лиственных – тополь (все виды), липа (все виды), ива (все виды), осина, ольха черная и белая, каштан посевной, орех белый, серый и маньчжурский; бархат амурский;

б) породы средней плотности (плотность 550–740): из хвойных – лиственница (все виды), тис; из лиственных – береза повислая, пушистая, желтая и черная; бук восточный и европейский, вяз, груша, дуб летний, восточный, болотный, монгольский; ильм, карагач, клен (все виды), лещина, орех грецкий, платан, рябина, хурма, яблоня, ясень обыкновенный и маньчжурский;

в) породы высокой плотности (плотность 750 и выше): акация белая и песчаная, береза железная, гледичия каспийская, глоговина, гикори белый, граб, дзельква, дуб каштанолистный и араксинский, железное дерево, земляничное дерево, кизил, маклюра, саксаул белый, самшит, фисташка, хмелеграб.

Среди иноземных пород очень малую плотность имеет бальза (плотность  $120 \text{ кг/м}^3$ ), очень высокую плотность – бакаут (плотность  $1300 \text{ кг/м}^3$ ).

Бальза



Бакаут